

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-24610

⑬ Int.Cl.³

G 02 F 1/03

識別記号

5 0 2

庁内整理番号

7159-2K

⑭ 公開 平成4年(1992)1月28日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 光変調器

⑯ 特 願 平2-129751

⑰ 出 願 平2(1990)5月18日

⑱ 発 明 者 中 澤 忠 雄 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑲ 発 明 者 清 野 實 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑳ 発 明 者 山 根 隆 志 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

㉑ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉒ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一

明 細 書

1. 発明の名称

光 変 調 器

2. 特許請求の範囲

電気光学効果を有する基板(1)上に、分岐光導波路(2a, 2b)と該分岐光導波路(2a, 2b)を伝播する光の間に位相差を生じさせるように形成された電極(3a, 3b)とを少なくとも設けたマッハツエンダ型光変調器において、

前記分岐光導波路(2a, 2b)の合波点(22)近傍の前記基板(1)上に傾斜面(40)を有する溝(4)を形成し、前記合波点(22)から放射される放射光を前記傾斜面(40)で反射させて前記基板(1)の裏面に導出し、光検知器(5)で受光変換した出力電気信号の変化に応じて、前記電極(3a, 3b)に印加される直流バイアスを変化させ、光変調器の動作点を制御することを特徴とした光変調器。

3. 発明の詳細な説明

(概要)

光変調器に関し、

高速駆動の外部光変調において、放射光を用いたフィードバックにより動作点の制御を行うことを目的とし、

電気光学効果を有する基板上に、分岐光導波路と該分岐光導波路を伝播する光の間に位相差を生じさせるように形成された電極とを少なくとも設けたマッハツエンダ型光変調器において、前記分岐光導波路の合波点近傍の前記基板上に傾斜面を有する溝を形成し、前記合波点から放射される放射光を前記傾斜面で反射させて前記基板の裏面に導出し、光検知器で受光変換した出力電気信号の変化に応じて、前記電極に印加される直流バイアスを変化させ、光変調器の動作点を制御するように光変調器を構成する。

(産業上の利用分野)

本発明は、高速・高安定の光変調を行うための

光変調器の構成に関する。

近年、光ファイバやレーザ光源の進歩・発達に伴い、光通信をはじめ光技術に応用した各種のシステム、デバイスが実用化され広く利用されるようになる一方、ますます、その高度技術開発への要請が強まってきた。

とくに、最近の光通信システムの高速度の要求から、光信号を送信する光送信器においても、高速度で光を変調する必要性が生じてきた。

たとえば、1.6 Gbps程度までの低速光通信システムにおいては、レーザダイオード(LD)を直接変調する方式を用いてきたが、変調周波数がより高くなると、変調光波長の時間的微小変動、いわゆる、チャージング現象と、光ファイバの分散特性のために高速度と長距離伝送が困難になってきている。

一方、今後ますます大容量・長距離通信の要求が強まってくるので、より高速度、かつ、高安定な光変調方式の開発が求められている。

(従来の技術)

高速光変調方式としては、半導体レーザ光を外部で変調する外部変調方式がよく知られている。

とくに、電気光学効果を有する基板、たとえば、LiNbO₃基板上に分岐光導波路を設け、信号電極、たとえば、進行波信号電極を用いて駆動するマッハツェンダ型光変調器が有力視されている。しかし、このような光変調器を実際に動作させる際、分岐光導波路間の温度差による動作点変動が生じたり、DCバイアス加わることによる、いわゆる、DCドリフト(たとえば、Jap.J.Appl.Phys., Vol.20, No.4, pp733 ~737, 1981参照)によって動作点がシフトするので、動作点の変動を抑えるようにDCバイアスにフィードバックをかけて制御するようにしている。

そのような制御方法の一例として、たとえば、

第4図は従来の安定化外部変調器の構成例を示す図である。

図中、1は電気光学効果を有する基板、2a, 2bは分岐光導波路で合波点22で交わって出射側の1

本の光導波路となる。光導波路は分岐光導波路2a, 2bを含めて、公知の方法、たとえば、基板表面にTiなどの金属を光導波路部分だけに選択的に拡散させ、その部分の屈折率を回りの部分よりも少し大きくするようにして形成する。

3a, 3bはAuなどの金属膜からなる電極で、たとえば、進行波信号電極と接地電極とから構成され、光導波路と電極層の間に通常は電極金属層への光の吸収を抑えるため、SiO₂などの薄膜からなるバッファ層が設けられている。

いま、半導体レーザ7からの直流光が光ファイバ6を経由して左側の光導波路に入り、分岐光導波路2a, 2bの分岐点で2つに分けられ、そこを通過する間に、電極3a, 3bに電源9から変調信号電圧を印加すると、基板上に設けられた前記分岐光導波路2a, 2bにおける電気光学効果によって分岐された両光に位相差が生じる。この両光を再び合波点22で合流させて、右側の光導波路の光出射端から変調された光信号出力を取り出し、光ファイバ6を経由して光検知器8で受光して電気信号に

変換するように構成されている。

前記分岐光導波路2a, 2bにおける両光の位相差が0および π になるように駆動電圧を印加すれば光信号出力はON-OFFのパルス信号として得られる。なお、R_Tは終端抵抗である。

しかし、実際には上記のごとく変調器を動作させていると、通常は動作点変動したりシフトしたりし、そのまゝでは消光比が劣化して使用できなくなってしまう。

そこで、このように動作点がずれて光変調器の性能が劣化するのを防止するために、出力信号光からモニタ光を取り出して入力電気信号にフィードバックをかけ、動作点の安定化を図るようにしたのがこの従来例の構成である。すなわち、ファイバカップラ200を光導波路の右側の光出射端に結合し、信号光の一部を分岐して、たとえば、シングルモード光ファイバ6'に導入し、光検知器5で電気信号に変換して、信号処理・制御回路部90で動作点のずれを検知し電源9にフィードバックして、DCバイアスの調整を行い常に正しい動作点

特開平4-24610(3)

に保持するようにしている。

なお、ファイバカップラ200は2本の光ファイバを平行に近接・結合させると一方の光ファイバの光の一部(たとえば、1/10程度)が、他方の光ファイバに移行して伝送されるように構成されたものである。

(発明が解決しようとする課題)

しかし、このような構成の光変調器においては、光導波路から光ファイバに導入された信号光の一部がファイバカップラ200によってモニタ光として分岐されている。したがって、送信される光信号パワーが分岐された分だけ減少し、それに相当する分だけ光ファイバの伝送距離が短くなるという重大な問題があり、その解決が必要であった。

(課題を解決するための手段)

上記の課題は、電気光学効果を有する基板1上に、分岐光導波路2a,2bと該分岐光導波路2a,2bを伝播する光の間に位相差を生じさせるように形

成された電極3a,3bとを少なくとも設けたマッハツェンダ型光変調器において、

前記分岐光導波路2a,2bの合波点22近傍の前記基板1上に傾斜面40を有する溝4を形成し、前記合波点22から放射される放射光を前記傾斜面40で反射させて前記基板1の裏面に導出し、光検知器5で受光変換した出力電気信号の変化に応じて、前記電極3a,3bに印加される直流バイアスを変化させ、光変調器の動作点を制御するように構成した光変調器により解決することができる。

(作用)

第3図は合波点における放射光を説明する図で、同図(イ)は斜視図、同図(ロ)は信号光①と放射光②特性の関係を示したものである。すなわち、信号電圧が0の時には光出力は100%光導波路の光出射端から出射し、分岐光導波路2aと2bの光の位相差が $\lambda/2$ を与える電圧 $V\pi$ または $-V\pi$ の時は光出力は0となる。

それ以外の、すなわち、光出射端から出射しな

い光は当然のことながら光導波路から外に流れ出し損失となる。この流れ光が、いわゆる、放射光10であり分岐光導波路2aと2bの合波点22から放射される。

この放射光10は同図(イ)に示したごとく合波点22から両側や、下方の基板1内に広がった光ビームとして放射される。そして、その光パワーの合計と位相は同図(ロ)の破線②に示したごとく、実線①に示した信号光と丁度補相関係にある。

以上の説明からわかるように、本発明の構成によれば、動作点がずれた場合に分岐光導波路2aおよび2bの合波点22から放射される放射光を、合波点22近傍の基板1上に形成した溝4の傾斜面40で反射させて基板1の裏面に導出し、モニタ光として光検知器5で受光し、電気信号に変換した出力の変化に応じて、前記電極3a,3bに印加される直流バイアスを変化させ光変調器の動作点を制御するので、常に正しい動作点に保持され、しかも、信号光の光パワーに何ら影響を与えることなく、したがって、光ファイバの伝送距離の短縮を招く

ような問題は一切生じることがない。

(実施例)

第1図は本発明の実施例を示す図で、同図(イ)は上面図、同図(ロ)はX-X断面図である。

基板1には大きさ30mm×2mm、厚さ1mmの LiNbO_3 のZ板の表面を鏡面研磨して使用した。

この基板の上にTiを約100nmの厚さに真空蒸着し、分岐光導波路2aおよび2bを含む光導波路に相当する部分にTiが残るように通常のホトエッチング法で処理したのち、約1050°C、酸素中で10時間加熱しTiを LiNbO_3 中に熱拡散させて深さ約5 μm の光導波路を形成した。

分岐光導波路部分の長さは20mm、光導波路の幅は7 μm になるように調整した。分岐光導波路2aおよび2bの間隔は約15 μm とし、分岐部および合波部の角度は2°に形成した。

次いで、パツファ層として SiO_2 を500nmの厚さにスパッタ法で形成した。

電極3a(進行波信号電極)および電極3b(接地

特開平4-24610(4)

電極)はTi-Au合金膜を蒸着したのち、分岐光導波路2aおよび2b上に所定の電極形状にパターンエッチングし、さらに、その上に厚さ $8\mu\text{m}$ のAuをめっきにより付着形成した。終端抵抗 R_T は電極3aおよび3bの特性インピーダンスに合わせて 50Ω になるように調整した。光ファイバ6には定偏波ファイバおよびシングルモード光ファイバを用いた。

4は溝で放射光10のいずれか一方の光路に交叉するように形成され、放射光10の少なくとも一部が反射されて基板1の裏面に導出されるような傾斜面を持っている。5は光検知器で前記傾斜面で反射された放射光を受光するように位置させて基板1の裏面に近接配置するか、あるいは、光学接着剤などで接着固定する。

光検知器5で受光された光は電気信号に変換され、信号処理・制御回路部90に入力し、光検知器5の出力電気信号の変化に応じて、電極3a, 3bに印加される電源9の直流バイアスを変化させ、光変調器の動作点を制御するように構成する。

導波路の片側から、1個の溝4の傾斜面40からの反射光により行ったが、光導波路の両側に溝4を形成して両側の放射光10を利用し、モニタ光の受光強度を上げて感度を高めるようにしてもよい。

以上述べた実施例は一例を示したもので、本発明の趣旨に添うものである限り、使用する素材や構成など適宜好ましいもの、あるいはその組み合わせを用いてよいことは言うまでもない。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明の構成によれば、動作点がずれた場合に分岐光導波路2aおよび2bの合波点22から放射される放射光をモニタ光として基板1の裏面に取り出し、光検知器5と信号処理・制御回路部90で動作点のずれを検知し電源9にフィードバックして、DCバイアスの調整を行ない常に正しい動作点に保持するので、極めて簡易な構成で、かつ、信号光の光パワーに何ら影響を与えることなく、すなわち、光ファイバの伝送距離の短縮を招くことがない。したがって、高速・長

なお、前記の諸図面で説明したものと同等の部分については同一符号を付し、かつ、同等部分についての説明は省略する。

第2図は本発明の要部を示す図で、同図(イ)は拡大斜視図、同図(ロ)は断面模式図である。

上記に記載した分岐光導波路条件では、放射光10は信号光に対して $1\sim 2^\circ$ の角度をなして広がってくるので、溝4は合波後の導波路には \times 直角に形成すればよい。溝4の位置と形状は、たとえば、図中に示した $l=1\text{mm}$, $d=30\mu\text{m}$ 、溝の長さ $=100\mu\text{m}$ 、溝の巾 $=50\mu\text{m}$ 、溝の深さ $=30\mu\text{m}$ 程度にし、溝4の傾斜面40が垂線とのなす傾斜角 $\theta=35\sim 55^\circ$ 程度にすればよい。

このような溝4を具体的に形成する方法としては、たとえば、基板1上にAu膜を蒸着し溝4を形成する所定位置に $50\times 100\mu\text{m}$ の大きさの孔部をエッチングで形成してマスクとし、 40°C 、50%の弗酸中で100分間エッチングを行うと傾斜角 $\theta\approx 35^\circ$ の前記形状の溝4が容易に得られる。

なお、上記実施例では、放射光の取り出しは光

距離光通信用の光変調器の性能、信頼性の向上に寄与するところが極めて大きい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例を示す図、

第2図は本発明の要部を示す図、

第3図は合波点における放射光を説明する図、

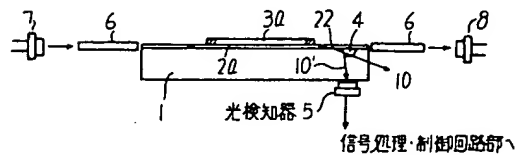
第4図は従来の安定化外部変調器の構成例を示す図である。

図において、

- 1は基板、
- 2a, 2bは分岐光導波路、
- 3a, 3bは電極、
- 4は溝、
- 5, 8は光検知器、
- 6は光ファイバ、
- 7は半導体レーザ、
- 9は電源、
- 10は放射光、
- 22は合波点、

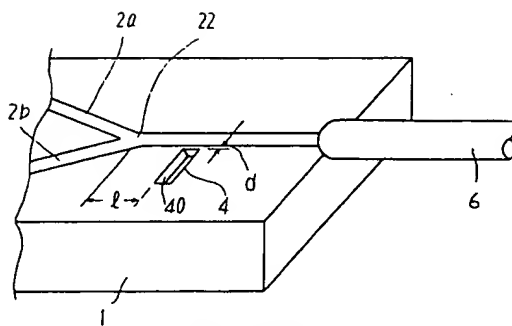
40 は傾斜面、
90 は信号処理・制御回路部である。

(1) 上面図

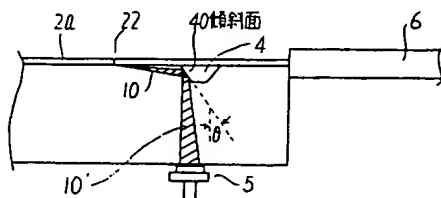


(D) X-X断面图

本発明の実施例を示す構成図
第1図

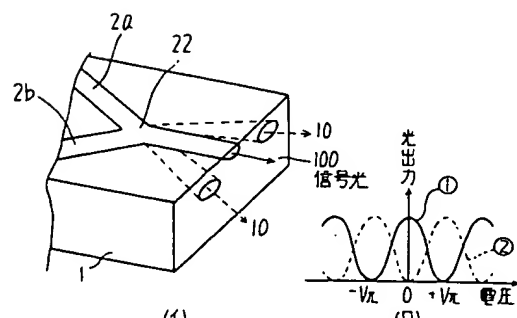


(1) 拡大斜視図



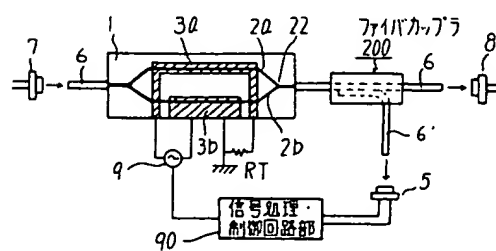
(0) 断面模式图

本発明の要部を説明する図
第 2 図



(イ) (ロ)
合波点における放射光特性を説明する図

第 3 図



従来の安定化外部変調器の構成例を示す図

第 4 回